

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2 0 0 4 年 3 月 3 1 日

出 願 番 号

Application Number:

特 願 2 0 0 4 - 1 0 6 2 0 8

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 1 0 6 2 0 8

出 願 人

Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2 0 0 5 年 4 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【官 公 民 別】 行政官
【整理番号】 2047760025
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H03H 9/17

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 岩崎 智弘

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 中塚 宏

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 大西 慶治

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 中村 弘幸

【特許出願人】
【識別番号】 000005821
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100098291
【弁理士】
【氏名又は名称】 小笠原 史朗

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 035367
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9405386

【請求項 1】

音響ミラー型の薄膜弾性波共振器であって、
基板と、

前記基板上に配置されており、高音響インピーダンスと低音響インピーダンスとを交互に有する複数のインピーダンス層から構成される音響ミラー層と、

前記音響ミラー層上に配置されており、下部電極、圧電薄膜、および上部電極から構成される圧電薄膜振動子とを備え、

前記音響ミラー層を構成する前記複数のインピーダンス層の内、少なくとも一層のインピーダンス層の膜厚は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1未満であることを特徴とする、薄膜弾性波共振器。

【請求項 2】

前記複数のインピーダンス層は、交互に配置された複数の低音響インピーダンス層と複数の高音響インピーダンス層とからなり、

前記複数の低音響インピーダンス層の内、最上位の低音響インピーダンス層は、前記下部電極と当接しており、

前記少なくとも一層のインピーダンス層は、前記下部電極と当接する前記最上位の低音響インピーダンス層であることを特徴とする、請求項 1 に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 3】

前記最上位の低音響インピーダンス層の膜厚は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -1.0% 以下であることを特徴とする、請求項 2 に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 4】

前記最上位の低音響インピーダンス層の膜厚は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -20.0% 以上であることを特徴とする、請求項 3 に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 5】

前記複数のインピーダンス層は、交互に配置された複数の低音響インピーダンス層と複数の高音響インピーダンス層とからなり、

各前記低音響インピーダンス層は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1未満の膜厚を有することを特徴とする、請求項 1 に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 6】

各前記低音響インピーダンス層の膜厚は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -1.0% 以下であることを特徴とする、請求項 5 に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 7】

各前記低音響インピーダンス層の膜厚は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -20.0% 以上であることを特徴とする、請求項 6 に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 8】

前記複数のインピーダンス層は、交互に配置された複数の低音響インピーダンス層と複数の高音響インピーダンス層とからなり、

各前記高音響インピーダンス層は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1未満の膜厚を有することを特徴とする、請求項 1 に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 9】

各前記高音響インピーダンス層の膜厚は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -1.0% 以下であることを特徴とする、請求項 8 に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 10】

各前記高音響インピーダンス層の膜厚は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -20.0% 以上であることを特徴とする、請求項9に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 11】

前記複数のインピーダンス層は、交互に配置された複数の低音響インピーダンス層と複数の高音響インピーダンス層とからなり、

各前記低音響インピーダンス層は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1未満の膜厚を有し、

各前記高音響インピーダンス層は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1未満の膜厚を有することを特徴とする、請求項1に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 12】

各前記高音響インピーダンス層および各前記低音響インピーダンス層の膜厚は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -1.0% 以下であることを特徴とする、請求項11に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 13】

各前記高音響インピーダンス層および各前記低音響インピーダンス層の膜厚は、前記圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -20.0% 以上であることを特徴とする、請求項12に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 14】

各前記高音響インピーダンス層の音響インピーダンス(Z_h)と各前記低音響インピーダンス層の音響インピーダンス(Z_l)との比(Z_h/Z_l)は、 4.82 以上であることを特徴とする、請求項11に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 15】

各前記高音響インピーダンス層は、二酸化シリコンからなり、

各前記低音響インピーダンス層は、タンゲステンからなることを特徴とする、請求項14に記載の薄膜弾性波共振器。

【請求項 16】

請求項1～15に記載の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成された、フィルタ。

【請求項 17】

請求項1～15に記載の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成された送信フィルタと、

請求項1～15に記載の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成された受信フィルタと、

前記送信フィルタと前記受信フィルタを接続する移相回路とを備える、共用器。

【請求項 18】

請求項17に記載の第1の共用器と、

請求項17に記載の第2の共用器と、

前記第1の共用器及び第2の共用器に信号を分波する分波器とを備える、通信機器。

【請求項 19】

請求項1～15に記載の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成された第1のフィルタと、

請求項1～15に記載の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成された第2のフィルタと、

入力信号を切り替えて前記第1のフィルタ又は第2のフィルタに出力するスイッチとを備える、通信機器。

・ 【発明の名称】 音響ミラー型薄膜弾性波共振器、ならびにそれを備えるフィルタ、共用器、および通信機器

・ 【技術分野】

【0001】

本発明は、無線機器などの高周波回路に使用される共振器に関し、より特定的には、音響ミラー構造を有する薄膜弾性波共振器、ならびにそれを備えるフィルタ、共用器、および通信機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、無線通信機器の小型化、低コスト化が進むにつれて、搭載されるフィルタの小型化、集積化が求められている。これらを実現するために開発されてきたのが、誘電体フィルタ、積層フィルタ、弾性波フィルタなどである。弾性波フィルタの一つに、圧電体薄膜を利用した薄膜弾性波共振器がある。

【0003】

薄膜弾性波共振器は、圧電薄膜を2つの電極によって挟み込んだ構成をしている。薄膜弾性波共振器の両電極間に電圧を印加すると、それに応じて誘起される圧電効果によって機械的な圧電振動（弾性振動）が発生する。

【0004】

薄膜弾性波共振器の一つに、音響ミラー効果を利用したミラー構造を有する音響ミラー型の薄膜弾性波共振器がある。図16は、従来の音響ミラー型の薄膜弾性波共振器の断面図である。図16において、音響ミラー型薄膜弾性波共振器907aは、基板901aと、音響ミラー層902a、903aと、下部電極904aと、圧電薄膜905aと、上部電極906aとを備える。

【0005】

音響ミラー層902a、903aは、基板901a上に形成されている。音響ミラー層902a、903aは、複数の異なった音響インピーダンスの材料を組み合わせることにより構成される。下部電極904aと上部電極906aとに挟まれた圧電薄膜905aからなる圧電薄膜振動子909aは、音響ミラー層902a、903aの上に配置される。

【0006】

一般的に、音響ミラー層は高い音響インピーダンスをもつ材料（ここでは音響ミラー層902a）と低い音響インピーダンスをもつ材料（ここでは音響インピーダンス903a）とを交互に配置することで、各層の境界面にインピーダンス不整合面を形成する。また、各音響ミラー層の膜厚は、圧電薄膜振動子909aの自由空間上での共振周波数から算出される音響波長の4分の1の大きさと等しい。この音響波長の4分の1の大きさは、各音響ミラー層902a、903aに使用する材料中の音速 v と圧電薄膜振動子909aの共振周波数 f_r または反共振周波数 f_a とによって、次式の関係式から求められる。

λ （波長） $\div 4 = v \div (4 \cdot f_r)$ ，または $v \div (4 \cdot f_a)$

【0007】

これにより、圧電薄膜振動子で誘起された振動波（音波）は、各音響ミラー層を伝搬し、各層の境界面（インピーダンス不整合面）において反射される。反射された振動波は、共振周波数（反共振周波数）において同相に合成され、共振特性を向上させる。また、インピーダンス不整合率を大きく、すなわち高インピーダンス層と低インピーダンス層とのインピーダンス比を大きくすることによって、共振特性のもつ共振帯域幅を大きくすることができる。また、音響ミラー層の層数を増加させることで、圧電薄膜振動子からみた基板の音響インピーダンスを小さくすることができ、共振特性を向上させることができる。このことは、以前からよく知られていることである。ただし、従来、下部電極904aの厚み（C）に関しては、厳密な規定がされていなかった。

【特許文献1】 特開平9-199978号公報

【特許文献2】 特開平6-295181号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

図17は、図16に示した音響ミラー型薄膜弾性波共振器907aにおける理想的な振動分布を示す図である。圧電薄膜905aに対して、上部電極906aおよび下部電極904aの膜厚が非常に小さい場合、図17に示すように、圧電薄膜振動子では、音響波長が $\lambda/2$ となる。この場合、各ミラー層の膜厚を圧電薄膜振動子の共振周波数（または反共振周波数）における音響波長の4分の1にすることで、反射された振動波が同相で合成されて、共振特性を向上させることができた。

【0009】

しかし、実際のデバイスでは、圧電薄膜の膜厚に対して、電極の膜厚は無視できない程度であることが多い。したがって、圧電薄膜振動子における振動分布は、 $\lambda/2$ とは異なるようになる。したがって、単純に各ミラー層の膜厚を共振周波数（または反共振周波数）における音響波長の4分の1となるように構成したのでは、厳密には $\lambda/4$ における反射とならない。結果、反射の周波数がずれることによって共振特性、とりわけ共振の帯域幅である Δf が劣化してしまう。

【0010】

それゆえ、本発明の目的は、共振特性に優れた音響ミラー型薄膜弾性波共振器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、本発明は、以下の特徴を有する。本発明は、音響ミラー型の薄膜弾性波共振器であって、基板と、基板上に配置されており、高音響インピーダンスと低音響インピーダンスとを交互に有する複数のインピーダンス層から構成される音響ミラー層と、音響ミラー層上に配置されており、下部電極、圧電薄膜、および上部電極から構成される圧電薄膜振動子とを備え、音響ミラー層を構成する複数のインピーダンス層の内、少なくとも一層のインピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1未満であることを特徴とする。

【0012】

これにより、インピーダンス層の少なくとも一層が圧電膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1未満となるので、共振帯域幅を広げることができる。共振帯域幅を広げることによって、インピーダンス層の膜厚はらつきによる共振特性の劣化を防止することができる。

【0013】

好ましくは、複数のインピーダンス層は、交互に配置された複数の低音響インピーダンス層と複数の高音響インピーダンス層とからなり、複数の低音響インピーダンス層の内、最上位の低音響インピーダンス層は、下部電極と当接しており、少なくとも一層のインピーダンス層は、下部電極と当接する最上位の低音響インピーダンス層であるとよい。

【0014】

これにより、より効果的に、共振帯域幅を広げることができる。

【0015】

より好ましくは、最上位の低音響インピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -1.0% 以下であるとよい。

【0016】

これにより、膜厚のはらつきの影響を受けることなく、共振帯域幅を広げることができる。

【0017】

より好ましくは、最上位の低音響インピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空

同上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -20.0% 以上であるといふ。

【0018】

これにより、膜厚のはらつきの影響を受けることなく、共振帯域幅を広げることができる。

【0019】

好ましくは、複数のインピーダンス層は、交互に配置された複数の低音響インピーダンス層と複数の高音響インピーダンス層とからなり、各低音響インピーダンス層は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1未満の膜厚を有するとよい。

【0020】

これにより、より効果的に、共振帯域幅を広げることができる。

【0021】

より好ましくは、各低音響インピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -1.0% 以下であるといふ。

【0022】

これにより、膜厚のはらつきの影響を受けることなく、共振帯域幅を広げることができる。

【0023】

より好ましくは、各低音響インピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -20.0% 以上であるといふ。

【0024】

これにより、膜厚のはらつきの影響を受けることなく、共振帯域幅を広げることができる。

【0025】

好ましくは、複数のインピーダンス層は、交互に配置された複数の低音響インピーダンス層と複数の高音響インピーダンス層とからなり、各高音響インピーダンス層は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1未満の膜厚を有するとよい。

【0026】

これにより、より効果的に、共振帯域幅を広げることができる。

【0027】

より好ましくは、各高音響インピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -1.0% 以下であるといふ。

【0028】

これにより、膜厚のはらつきの影響を受けることなく、共振帯域幅を広げることができる。

【0029】

より好ましくは、各高音響インピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -20.0% 以上であるといふ。

【0030】

これにより、膜厚のはらつきの影響を受けることなく、共振帯域幅を広げることができる。

【0031】

好ましくは、複数のインピーダンス層は、交互に配置された複数の低音響インピーダンス層と複数の高音響インピーダンス層とからなり、各低音響インピーダンス層は、圧電薄

共振動子の自由空間上での共振周波数が決定される音響波長の4分の1未満の膜厚を有するとよい。

【0032】

これにより、より効果的に、共振帯域幅を広げることができる。

【0033】

より好ましくは、各高音響インピーダンス層および各低音響インピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -1.0% 以下であるとよい。

【0034】

これにより、膜厚のはらつきの影響を受けることなく、共振帯域幅を広げることができる。

【0035】

より好ましくは、各高音響インピーダンス層および各低音響インピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の4分の1の大きさに対して、 -20.0% 以上であるとよい。

【0036】

これにより、膜厚のはらつきの影響を受けることなく、共振帯域幅を広げることができる。

【0037】

より好ましくは、各高音響インピーダンス層の音響インピーダンス(Z_h)と各低音響インピーダンス層の音響インピーダンス(Z_l)との比(Z_h/Z_l)は、 4.82 以上であるとよい。

【0038】

これにより、より効果的に共振帯域幅を広げることができる。

【0039】

たとえば、各高音響インピーダンス層は、二酸化シリコンからなり、各低音響インピーダンス層は、タンゲステンからなる。

【0040】

また、本発明は、上記の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成されたフィルタである。

【0041】

また、本発明は、上記の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成された送信フィルタと、上記の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成された受信フィルタと、送信フィルタと受信フィルタを接続する移相回路とを備える共用器である。

【0042】

また、本発明は、第1の上記共用器と、第2の上記共用器と、第1の上記共用器及び第2の上記共用器に信号を分波する分波器とを備える通信機器である。

【0043】

また、本発明は、上記の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成された第1のフィルタと、上記の薄膜弾性波共振器を、いずれか又は組み合わせて2つ以上ラダー型に接続して構成された第2のフィルタと、入力信号を切り替えて第1のフィルタ又は第2のフィルタに出力するスイッチとを備える通信機器である。

【発明の効果】

【0044】

本発明によれば、インピーダンス層の膜厚を、圧電薄膜振動子の自由空間での共振周波数(反共振周波数)から算出される音響波長の4分の1の大きさよりも小さくすることによって、共振帯域幅を広げることができる音響ミラー型薄膜圧電共振器、ならびにそれを

開えるノールノ、六方晶、立方晶を形成することが出来る。また、六方晶膜幅が広くなることによって、低音響インピーダンス層の膜厚ばらつきによる共振特性の劣化を防止する音響ミラー型薄膜圧電共振器、ならびにそれを備えるフィルタ、共用器、通信機器を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0045】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

（第1の実施形態）

図1は、本発明の第1の実施形態に係る音響ミラー型薄膜弾性波共振器の断面図である。図1において、音響ミラー型薄膜弾性波共振器107bは、基板101bと、高音響インピーダンス層102bと、低音響インピーダンス層103bと、下部電極104bと、圧電薄膜105bと、上部電極106bとを備える。

【0046】

図1において、高音響インピーダンス層102bは、二層であるとしたが、一層であってもよいし、三層以上であってもよい。また、低音響インピーダンス層103bは、二層であるとしたが、一層であってもよいし、三層以上であってもよい。ただし、低音響インピーダンス層103bの最上位層は、下部電極104bに直下に形成されている。低音響インピーダンス層103bと高音響インピーダンス層102bとは、交互に形成されており、同数である。

【0047】

基板101b上には、高音響インピーダンス層102bと低音響インピーダンス層103bとから構成される音響ミラー層108bが形成されている。音響ミラー層108b上には、下部電極104b、圧電薄膜105b、および上部電極106bから構成される圧電薄膜振動子109bが形成されている。

【0048】

高音響インピーダンス層102bは、高い音響インピーダンスを持つ材料、例えば、タングステン：W、モリブデン：Mo等からなる。高音響インピーダンス層102bの膜厚（B）は、自由空間上での圧電薄膜振動子109bの共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の4分の1の大きさと等しい。

【0049】

低音響インピーダンス層103bは、低い音響インピーダンスを持つ材料、例えば、二酸化シリコン：SiO₂等からなる。低音響インピーダンス層103bの膜厚（A1）は、共振特性の帯域幅を最大限とする膜厚値と等しくされる。本発明者は、共振特性の帯域幅を最大限とする低音響インピーダンス層103bの膜厚（A1）は、自由空間上での圧電薄膜振動子109bの共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の4分の1の大きさよりも小さい値であることを確かめた。

【0050】

下部電極104bは、例えば、モリブデン：Mo、アルミニウム：Al、白金：Pt、金：Au等からなる。

【0051】

圧電薄膜105bは、例えば、窒化アルミニウム：AlN、酸化亜鉛：ZnO等からなる。

【0052】

上部電極106bは、例えば、モリブデン：Mo、アルミニウム：Al、白金：Pt、金：Au等からなる。

【0053】

音響ミラー型薄膜弾性波共振器107bの製造工程において、基板101b、低音響インピーダンス層103b、および高音響インピーダンス層102bの表面のラフネスの影響を受けて、1チップ内での各音響ミラー層の膜厚には、ばらつきが生じる。

【0054】

また、一方で、ソレハ上の世直により膜厚不均がはつづくこととなるので、元来ソレチップ間のばらつきの影響を受け、複数のチップ間における各音響ミラー層の膜厚には、ばらつきが生じる。

【0055】

ばらつきの大きさは、例えば、膜厚の大きさに対して最大1%程度である。

【0056】

したがって、低音響インピーダンス層103bの膜厚(A1)は、ばらつきを考慮すると、自由空間での圧電薄膜振動子109bの共振周波数の4分の1より1%以上小さいのが好ましい。

【0057】

図2は、低音響インピーダンス層103bの膜厚以外の値を固定し、低音響インピーダンス層103bの膜厚を変化させたときの、共振帯域の変化を示すグラフである。ここでは、厚さ0.2μmのモリブデンMoからなる下部電極104b、厚さ2.0μmの窒化アルミニウムからなる圧電薄膜105b、および厚さ0.2μmのモリブデンMoからなる上部電極106bを用いることとする。

【0058】

図2において、横軸は、圧電薄膜振動子109bの自由空間上での共振周波数によって算出された音響波長λの4分の1の大きさ(以下、「理想的なλ/4長」という)で低音響インピーダンス層103bの膜厚を規格化した値を示す。縦軸は、低音響インピーダンス層103bの膜厚を理想的なλ/4長と等しくしたときの帯域幅(Δf)で共振帯域幅の変化を規格化した値を示す。ここで、横軸および縦軸の値(=1)は、低音響インピーダンス層103bの膜厚を理想的なλ/4長と等しくしたときの値である。

【0059】

図2より、共振帯域幅が最大となる低音響インピーダンス層103bの膜厚は、理想的なλ/4長の膜厚点Xよりも小さい点Yに存在していることがわかる。したがって、低音響インピーダンス層103bの膜厚は、圧電薄膜振動子109bの自由空間上での共振周波数(反共振周波数)から算出される音響波長の4分の1の大きさよりも小さい値であることが好ましいことが分かる。

【0060】

また、例えば±1%の膜厚ばらつきがあるとした場合に、点Xにおける共振帯域幅の変化の度合いと、点Yにおける共振帯域幅の変化の度合いとを比較すると、変化の度合いは、点Yの方が明らかに小さいことが分かる。したがって、点Yを低音響インピーダンス層103bの膜厚(A')として決定した方が、膜厚ばらつきに対する共振帯域の変化を少なくすることができる。これによって、膜厚ばらつきの影響を最小限にとどめることができる。

【0061】

さらに、図2から分かるように、低音響インピーダンス層103bの膜厚が、理想的なλ/4長の0.8倍、すなわち、理想的なλ/4長の-20.0%よりも大きい場合、膜厚ばらつきに対する共振帯域の変化を少なくすることができることがわかる。したがって、膜厚ばらつきも考慮に入れると、低音響インピーダンス層103bの膜厚は、理想的なλ/4長の-1.0%~-20.0%の範囲であることが好ましいと言える。

【0062】

理想的なλ/4長の-1.0%~-20.0%の範囲の内、最も好ましい低音響インピーダンス層103bの膜厚は、圧電薄膜振動子109bの条件によって異なる。

【0063】

図3は、低音響インピーダンス層103bの最も好ましい膜厚が、圧電薄膜振動子109b条件によってどのように変わるかを説明するための図である。

【0064】

図3では、圧電薄膜105bを窒化アルミ(A1N)からなるとし、下部電極104bおよび上部電極106bをモリブデン(Mo)からなるとして、圧電薄膜105bの厚み

を、 $0.1\mu\text{m}$ に固定し、下部電極104bおよび上部電極106bの厚みを $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.2\mu\text{m}$ および $0.5\mu\text{m}$ と条件設定したときに、低音響インピーダンス層103bの膜厚を変化させた場合の共振帯域 Δf を比較している。

【0065】

通常、スパッタ等の工法によって、電極材料を堆積する場合、最も薄い電極の厚みは、 $0.01\mu\text{m}$ 程度と考えられる。この値において、低音響インピーダンス層103bの膜厚を変化させたような場合においても、図3に示すように、低音響インピーダンス層103bの膜厚が、理想的な $\lambda/4$ 長に対して、約 -1% 程度である場合でも、共振帯域 Δf が理想的な $\lambda/4$ 長の場合よりも広がっている。

【0066】

したがって、図3から分かるように、低音響インピーダンス層103bの最も好ましい膜厚は、圧電薄膜振動子をどのような条件に設定した場合であっても、理想的な $\lambda/4$ 長の $-1.0\%\sim-20.0\%$ の範囲に含まれていることが分かる。

【0067】

次に、低音響インピーダンス層103bの膜厚が、理想的な $\lambda/4$ 長よりも小さい値であることが好ましいことの原理について説明する。

【0068】

音響ミラーを利用した薄膜弾性波共振器において、圧電薄膜105bは、一般的に、波長 $\lambda/2$ に対応する周波数で共振する。しかし、下部電極104bおよび上部電極106bの厚みは、圧電薄膜105bの厚みに対して無視できない程度に厚い。この上下電極の厚みは、振動分布に影響を及ぼす。

【0069】

また、音響ミラー層108bの上部に、圧電薄膜振動子109bが堆積されるため、低音響インピーダンス層103bおよび高音響インピーダンス層102bには、質量負荷が掛かることとなる。この質量負担は、音響ミラー層内での、振動分布に影響を及ぼす。

【0070】

以上の2点から、各音響ミラー層内での振動分布は、実質上、理想的な $\lambda/4$ 振動分布とは異なることとなる。よって、低音響インピーダンス層103bの最適な膜厚の大きさは、理想的な $\lambda/4$ 長よりも小さい値であることが分かる。

【0071】

このように、第1の実施形態によれば、音響ミラー型薄膜弾性波共振器の音響ミラー層の内、低音響インピーダンス層の膜厚を、圧電薄膜振動子の自由空間での共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の4分の1の大きさよりも小さくすることによって、共振帯域幅を広げることができる。共振帯域幅を広げることによって、低音響インピーダンス層の膜厚ばらつきによる共振特性の劣化を防止することができる。

【0072】

なお、第1の実施形態では、各低音響インピーダンス層の膜厚が理想的な $\lambda/4$ 長よりも小さいとしたが、少なくとも一層の低音響インピーダンス層の膜厚が理想的な $\lambda/4$ 長よりも小さければ、同様の効果が得られる。

【0073】

なお、第1の実施形態では、下部電極の直下が低音響インピーダンス層であるとして、そこから交互に高音響インピーダンス層および低音響インピーダンス層が形成されることとしたが、下部電極の直下が高音響インピーダンス層であるとして、そこから交互に交互に低音響インピーダンス層および高音響インピーダンス層が形成されることとしてもよい。

【0074】

（第2の実施形態）

図4は、本発明の第2の実施形態に係る音響ミラー型薄膜弾性波共振器の断面図である。図4において、音響ミラー型薄膜弾性波共振器207bは、基板101bと、高音響インピーダンス層202bと、低音響インピーダンス層203bと、下部電極104bと、圧電薄膜105bと、上部電極106bとを備える。図4において、第1の実施形態と同

体の部分については、同一の参照付与を付し、説明を省略することとする。

【0075】

図4において、高音響インピーダンス層202bは、二層であるとしたが、一層であってもよいし、三層以上であってもよい。また、低音響インピーダンス層203bは、二層であるとしたが、一層であってもよいし、三層以上であってもよい。ただし、低音響インピーダンス層203bの最上位層は、下部電極104bに直下に形成されている。低音響インピーダンス層203bと高音響インピーダンス層202bとは、交互に形成されており、同数である。

【0076】

基板101b上には、高音響インピーダンス層202bと低音響インピーダンス層203bとから構成される音響ミラー層208bが形成されている。音響ミラー層208b上には、下部電極104b、圧電薄膜105b、および上部電極106bから構成される圧電薄膜振動子109bが形成されている。

【0077】

高音響インピーダンス層202bは、高い音響インピーダンスを持つ材料、例えば、タンゲステン：W、モリブデン：Mo等からなる。高音響インピーダンス層202bの膜厚(B1)は、共振特性の帯域幅を最大限とする膜厚値と等しくされる。本発明者は、共振特性の帯域幅を最大限とする高音響インピーダンス層202bの膜厚(B1)は、自由空間上での圧電薄膜振動子109bの共振周波数(反共振周波数)から算出される音響波長の4分の1の大きさよりも小さい値であることを確かめた。

【0078】

低音響インピーダンス層203bは、低い音響インピーダンスを持つ材料、例えば、酸化シリコン：SiO₂等からなる。低音響インピーダンス層203bの膜厚(A)は、自由空間上での圧電薄膜振動子109bの共振周波数(反共振周波数)から算出される音響波長の4分の1の大きさと等しくされる。

【0079】

音響ミラー型薄膜弾性波共振器207bの製造工程において、基板101b、低音響インピーダンス層203b、および高音響インピーダンス層202bの表面のラフネスの影響を受けて、1チップ内での各音響ミラー層の膜厚には、ばらつきが生じる。

【0080】

また、一方で、ウエハ上の位置により成膜条件がばらつくこととなるので、発生するチップ間のばらつきの影響を受け、複数のチップ間における各音響ミラー層の膜厚には、ばらつきが生じる。

【0081】

ばらつきの大きさは、例えば、膜厚の大きさに対して最大1%程度である。

【0082】

したがって、高音響インピーダンス層202bの膜厚(B1)は、ばらつきを考慮すると、自由空間での圧電薄膜振動子109bの共振周波数の4分の1より1%以上小さいのが好ましい。

【0083】

図5は、高音響インピーダンス層202bの膜厚以外の値を固定し、高音響インピーダンス層202bの膜厚の値を変化させたときの、共振帯域の変化を示すグラフである。ここでは、厚さ0.2μmのモリブデンMoからなる下部電極104b、厚さ2.0μmの窒化アルミニウムからなる圧電薄膜105b、および厚さ0.2μmのモリブデンMoからなる上部電極106bを用いることとする。

【0084】

図5において、横軸は、理想的なλ/4長で高音響インピーダンス層202bの膜厚を規格化した値を示す。縦軸は、高音響インピーダンス層202bの膜厚を理想的なλ/4長と等しくしたときの帯域幅(Δf)で共振帯域幅の変化を規格化した値を示す。ここで、横軸および縦軸の値(=1)は、高音響インピーダンス層202bの膜厚を理想的なλ

／４長にすし、したことの値である。

【００８５】

図５より、共振帯域幅が最大となる高音響インピーダンス層２０２ｂの膜厚は、理想的な $\lambda/4$ 長の膜厚点Ｘよりも小さい点Ｙに存在していることがわかる。したがって、高音響インピーダンス層２０２ｂの膜厚は、圧電薄膜振動子１０９ｂの自由空間上での共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさよりも小さい値であることが好ましいことが分かる。

【００８６】

また、例えば±１％の膜厚ばらつきがあるとした場合に、点Ｘにおける共振帯域幅の変化の度合いと、点Ｙにおける共振帯域幅の変化の度合いとを比較すると、変化の度合いは、点Ｙの方が明らかに小さいことが分かる。したがって、点Ｙを高音響インピーダンス層２０２ｂの膜厚（Ｂ１）として決定した方が、膜厚ばらつきに対する共振帯域の変化を小さくすることができる。これによって、膜厚ばらつきの影響を最小限にとどめることができる。

【００８７】

さらに、図５から分かるように、高音響インピーダンス層２０２ｂの膜厚が、理想的な $\lambda/4$ 長の０．８倍、すなわち、理想的な $\lambda/4$ 長の－２０．０％よりも大きい場合、膜厚ばらつきに対する共振帯域の変化を少なくすることができることがわかる。したがって、膜厚ばらつきも考慮に入れると、低音響インピーダンス層１０３ｂの膜厚は、理想的な $\lambda/4$ 長の－１．０％～－２０．０％の範囲であることが好ましいと言える。

【００８８】

高音響インピーダンス層２０２ｂの膜厚が、圧電薄膜振動子１０９ｂの自由空間での共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさよりも小さい値であることが好ましいことの原理については、第１の実施形態と同様である。

【００８９】

このように、第２の実施形態によれば、音響ミラー型薄膜弾性波共振器の音響ミラー層の内、高音響インピーダンス層の膜厚を、圧電薄膜振動子の自由空間での共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさよりも小さくすることによって、共振帯域幅を広げることができる。共振帯域幅を広げることによって、高音響インピーダンス層の膜厚ばらつきによる共振特性の劣化を防止することができる。

【００９０】

なお、第２の実施形態では、各高音響インピーダンス層の膜厚が理想的な $\lambda/4$ 長よりも小さいとしたが、少なくとも一層の高音響インピーダンス層の膜厚が理想的な $\lambda/4$ 長よりも小さければ、同様の効果が得られる。

【００９１】

なお、第２の実施形態では、下部電極の直下が低音響インピーダンス層であるとして、そこから交互に高音響インピーダンス層および低音響インピーダンス層が形成されることとしたが、下部電極の直下が高音響インピーダンス層であるとして、そこから交互に交互に低音響インピーダンス層および高音響インピーダンス層が形成されることとしてもよい。

【００９２】

（第３の実施形態）

図６は、本発明の第３の実施形態に係る音響ミラー型薄膜弾性波共振器の断面図である。図６において、音響ミラー型薄膜弾性波共振器３０７ｂは、基板１０１ｂと、高音響インピーダンス層３０２ｂと、低音響インピーダンス層３０３ｂと、下部電極１０４ｂと、圧電薄膜１０５ｂと、上部電極１０６ｂとを備える。図６において、第１の実施形態と同様の部分については、同一の参照符号を付し、説明を省略することとする。

【００９３】

図６において、高音響インピーダンス層３０２ｂは、二層であるとしたが、一層であってもよいし、三層以上であってもよい。また、低音響インピーダンス層３０３ｂは、二層であるとしたが、一層であってもよいし、三層以上であってもよい。ただし、低音響イン

この層は、下部電極１０４ｂに直下に形成されている。高音響インピーダンス層３０３ｂと高音響インピーダンス層３０２ｂとは、交互に形成されており、同数である。

【００９４】

基板１０１ｂ上には、高音響インピーダンス層３０２ｂと低音響インピーダンス層３０３ｂとから構成される音響ミラー層３０８ｂが形成されている。音響ミラー層３０８ｂ上には、下部電極１０４ｂ、圧電薄膜１０５ｂ、および上部電極１０６ｂから構成される圧電薄膜振動子１０９ｂが形成されている。

【００９５】

高音響インピーダンス層３０２ｂは、高い音響インピーダンスを持つ材料、例えば、タンゲステン：W、モリブデン：Mo等からなる。高音響インピーダンス層３０２ｂの膜厚（B２）は、自由空間上での圧電薄膜振動子１０９ｂの共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさよりも小さい値である。

【００９６】

低音響インピーダンス層３０３ｂは、低い音響インピーダンスを持つ材料、例えば、二酸化シリコン：SiO₂等からなる。低音響インピーダンス層３０３ｂの膜厚（A２）は、自由空間上での圧電薄膜振動子１０９ｂの共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさよりも小さい値である。

【００９７】

音響ミラー型薄膜弾性波共振器３０７ｂの製造工程において、基板１０１ｂ、低音響インピーダンス層３０３ｂ、および高音響インピーダンス層３０２ｂの表面のラフネスの影響を受けて、１チップ内での各音響ミラー層の膜厚には、ばらつきが生じる。

【００９８】

また、一方で、ウエハ上の位置により成膜条件がばらつくこととなるので、発生するチップ間のばらつきの影響を受け、複数のチップ間における各音響ミラー層の膜厚には、ばらつきが生じる。

【００９９】

ばらつきの大きさは、例えば、膜厚の大きさに対して最大１％程度である。

【０１００】

したがって、低音響インピーダンス層３０３ｂの膜厚（A２）および高音響インピーダンス層３０２ｂの膜厚（B２）は、ばらつきを考慮すると、自由空間での圧電薄膜振動子１０９ｂの共振周波数の４分の１より－１％以上小さいのが好ましい。

【０１０１】

図７は、高音響インピーダンス層３０２ｂの膜厚と低音響インピーダンス層３０３ｂの膜厚を同時に同じ割合で変化させたときの、共振帯域の変化を示すグラフである。ここでは、厚さ０．２μmのモリブデンMoからなる下部電極１０４ｂ、厚さ２．０μmの窒化アルミニウムからなる圧電薄膜１０５ｂ、および厚さ０．２μmのモリブデンMoからなる上部電極１０６ｂを用いることとする。

【０１０２】

図７において、横軸は、理想的なλ／４長で高音響インピーダンス層３０２ｂおよび低音響インピーダンス層３０３ｂの膜厚を規格化した値である。縦軸は、高音響インピーダンス層３０２ｂおよび低音響インピーダンス層３０３ｂの膜厚を理想的なλ／４長と等しくしたときの帯域幅（Δf）で共振帯域幅の変化を規格化した値を示す。ここで、横軸および縦軸の値（＝１）は高音響インピーダンス層３０２ｂおよび低音響インピーダンス層３０３ｂの膜厚を理想的なλ／４長と等しくしたときの値である。

【０１０３】

図７より、共振帯域幅が最大となる高音響インピーダンス層３０２ｂおよび低音響インピーダンス層３０３ｂの膜厚は、理想的なλ／４長の膜厚点Xよりも小さい点Yに存在していることがわかる。したがって、高音響インピーダンス層３０２ｂおよび低音響インピーダンス層３０３ｂの膜厚は、圧電薄膜振動子１０９ｂの自由空間上での共振周波数（反

六振周波数ノかつ昇山せれる超音波長ノ生力ノ1ノ八とてより小さい値であることが分
ましいことが分かる。

【0104】

また、例えば±1%の膜厚ばらつきがあるとした場合に、点Xにおける共振帯域幅の変
化の度合いと、点Yにおける共振帯域幅の変化の度合いとを比較すると、変化の度合いは
、点Yの方が明らかに小さいことが分かる。したがって、点Yを高音響インピーダンス層
302bおよび低音響インピーダンス層303bの膜厚(A2, B2)と決定した方が、
膜厚ばらつきに対する共振帯域の変化を小さくすることができる。これによって、膜厚ば
らつきの影響を最小限にとどめることができる。

【0105】

さらに、図7から分かるように、高音響インピーダンス層302bおよび低音響イン
ピーダンス層303bの膜厚の最適値は、理想的な $\lambda/4$ 長の-1.0%~-20.0%の
範囲内に存在すると言える。

【0106】

高音響インピーダンス層302bおよび低音響インピーダンス層303bの膜厚が、圧
電薄膜振動子109bの自由空間での共振周波数(反共振周波数)から算出される音響波
長の4分の1の大きさよりも小さい値であることが好ましいことの原理については、第1
の実施形態と同様である。

【0107】

さらに、本発明者は、上下電極の膜厚が厚くなるほど、本発明の効果が得られること
を確かめた。図8は、上下電極の膜厚が厚くなるほど、本発明の効果が得られること説明
するためのグラフである。

【0108】

図8では、高音響インピーダンス層302bの膜厚および低音響インピーダンス層30
3bの膜厚を同時に同じ割合で変化させた場合において、モリブデン(Mo)からなる下
部電極104bおよびモリブデン(Mo)からなる上部電極106bの厚みを、共振周波
数から算出される音響波長の 1.25×10^{-4} 倍、0.25倍、0.63倍と同時に変
化させた場合の共振帯域 Δf を比較している。

【0109】

図8において、横軸は、理想的な $\lambda/4$ 長で高音響インピーダンス層302bおよび低
音響インピーダンス層303bの膜厚を規格化した値である。縦軸は、高音響インピーダ
ンス層302bおよび低音響インピーダンス層303bの膜厚を理想的な $\lambda/4$ 長と等し
くしたときの帯域幅(Δf)で共振帯域幅の変化を規格化した値である。横軸および縦軸
において、値(=1)は、高音響インピーダンス層302bおよび低音響インピーダンス
層303bの膜厚を理想的な $\lambda/4$ 長と等しくしたときの値である。

【0110】

図8に示すように、下部電極104bおよび上部電極106bの膜厚を厚くすると、高
音響インピーダンス層302bおよび低音響インピーダンス層303bにおいて、共振帯
域幅が最も広くなるときの膜厚は、理想的な $\lambda/4$ 長のときよりも小さくなることが確認
された。さらに、共振帯域幅が最も広くなるときの膜厚は、下部電極104bおよび上部
電極106bの膜厚が厚くなるほど、理想的な $\lambda/4$ 長に対して小さくなることが確認さ
れた。共振帯域幅が最も広くなるときの膜厚は、理想的な $\lambda/4$ 長に対して-20.0%
~-1.0%の範囲内に存在することが分かった。

【0111】

さらに、本発明者は、低音響インピーダンス層303bの音響インピーダンスに対する
高音響インピーダンス層302bの音響インピーダンスの倍率(高音響インピーダンス層
302bの音響インピーダンス÷低音響インピーダンス層303bの音響インピーダンス)
が大きくなるほど、本発明の効果が得られることと確かめた。図9は、低音響イン
ピーダンス層の音響インピーダンスに対する高音響インピーダンス層の音響イン
ピーダンスの倍率が大きくなるほど、本発明の効果が得られることを説明するためのグラフである。

図9では、高音響インピーダンス層302bの膜厚および低音響インピーダンス層303bの膜厚を同時に同じ割合で変化させた場合において、音響ミラー層の高音響インピーダンス層302bの音響インピーダンス Z_h と低音響インピーダンス層303bの音響インピーダンス Z_l との比 Z_h/Z_l を2.21（高音響インピーダンス層302bにAlNを用い、低音響インピーダンス層303bにMoを用いる場合）、3.46（高音響インピーダンス層302bにSiO₂を用い、低音響インピーダンス層303bにMoを用いる場合）、4.82（高音響インピーダンス層302bにSiO₂を用い、低音響インピーダンス層303bにWを用いる場合）へと変化させた場合の3つの結果が比較されている。

【0113】

図9において、横軸は、理想的な $\lambda/4$ 長で高音響インピーダンス層302bおよび低音響インピーダンス層303bの膜厚を規格化した値である。縦軸は、高音響インピーダンス層302bおよび低音響インピーダンス層303bの膜厚を理想的な $\lambda/4$ 長と等しくしたときの帯域幅（ Δf ）で共振帯域幅の変化を規格化した値である。横軸および縦軸において、値（=1）は、高音響インピーダンス層302bおよび低音響インピーダンス層303bの膜厚を理想的な $\lambda/4$ 長と等しくしたときの値である。

【0114】

図9に示すように、音響インピーダンスの比を大きくするにつれ、高音響インピーダンス層302bおよび低音響インピーダンス層303bの膜厚変化に対する共振帯域劣化の割合が小さくなることが確認された。

【0115】

このように、第3の実施形態によれば、高い音響インピーダンス比を有するように、高音響インピーダンス層および低音響インピーダンス層の材料を選択し、かつ、高音響インピーダンス層および低音響インピーダンス層の膜厚を共振帯域が最大となる点Yにおいて決定することで、より膜厚ばらつきによる共振帯域の劣化を小さくすることが可能となる。

【0116】

なお、第3の実施形態では、下部電極の直下が低音響インピーダンス層であるとして、そこから交互に高音響インピーダンス層および低音響インピーダンス層が形成されることとしたが、下部電極の直下が高音響インピーダンス層であるとして、そこから交互に交互に低音響インピーダンス層および高音響インピーダンス層が形成されることとしてもよい。

【0117】

（第4の実施形態）

図10は、本発明の第4の実施形態に係る音響ミラー型薄膜弾性波共振器の断面図である。図10において、音響ミラー型薄膜弾性波共振器407bは、基板101bと、高音響インピーダンス層102bと、最上位低音響インピーダンス層403bと、下位低音響インピーダンス層403cと、下部電極104bと、圧電薄膜105bと、上部電極106bとを備える。図10において、第1の実施形態と同様の部分については、同一の参照符号を付し、説明を省略することとする。

【0118】

図10において、高音響インピーダンス層102bは、二層であるとしたが、三層以上であってもよい。また、最上位低音響インピーダンス層403bおよび下位低音響インピーダンス層403cは、合わせて二層であるとしたが、合わせて三層以上であってもよい。ただし、最上位低音響インピーダンス層403bは、下部電極104bに直下に形成されている。

【0119】

基板101b上には、高音響インピーダンス層102b、最上位低音響インピーダンス層403b、および下位低音響インピーダンス層403cから構成される音響ミラー層408bが形成されている。音響ミラー層408b上には、下部電極104b、圧電薄膜1

り、および上部電極１０９ｂが形成される圧電薄膜振動子１０９ｂが形成されている。

【０１２０】

最上位低音響インピーダンス層４０３ｂは、低い音響インピーダンスを持つ材料、例えば、二酸化シリコン： SiO_2 等からなる。最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚（Ａ３）は、自由空間上での圧電薄膜振動子１０９ｂの共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさよりも小さい値である。

【０１２１】

下位低音響インピーダンス層４０３ｃは、低い音響インピーダンスを持つ材料、例えば、二酸化シリコン： SiO_2 等からなる。下位低音響インピーダンス層４０３ｃの膜厚（Ａ）は、自由空間上での圧電薄膜振動子１０９ｂの共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさと等しい。

【０１２２】

図１１は、最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚以外の値を固定し、最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚の値を変化させたときの、共振帯域の変化を示すグラフである。図１１において、横軸は、理想的な $\lambda/4$ 長で最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚を規格化した値を示す。縦軸は、最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚を理想的な $\lambda/4$ 長と等しくしたときの帯域幅（ Δf ）で共振帯域幅の変化を規格化した値を示す。ここで、横軸および縦軸の値（＝１）は最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚を理想的な $\lambda/4$ 長と等しくしたときの値である。

【０１２３】

図１１より、共振帯域幅が最大となる最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚は、理想的な $\lambda/4$ 長の膜厚点Ｘよりも小さい点Ｙに存在していることがわかる。したがって、最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚は、圧電薄膜振動子１０９ｂの自由空間上での共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさよりも小さい値であることが好ましいことが分かる。

【０１２４】

また、例えば±１％の膜厚ばらつきがあるとした場合に、点Ｘにおける共振帯域幅の変化の度合いと、点Ｙにおける共振帯域幅の変化の度合いとを比較すると、変化の度合いは、点Ｙの方が明らかに小さいことが分かる。したがって、点Ｙを最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚（Ａ３）として決定した方が、膜厚ばらつきに対する共振帯域の変化を小さくすることができる。これによって、膜厚ばらつきの影響を最小限にとどめることができる。

【０１２５】

さらに、図１１から分かるように、最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚の最適値は、理想的な $\lambda/4$ 長の－１．０％～－２０．０％の範囲内に存在すると言える。

【０１２６】

最上位低音響インピーダンス層４０３ｂの膜厚が、圧電薄膜振動子１０９ｂの自由空間での共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさよりも小さい値であることが好ましいことの原理については、第１の実施形態と同様である。

【０１２７】

このように、第４の実施形態によれば、音響ミラー型薄膜弾性波共振器の音響ミラー層の内、最上位の低音響インピーダンス層の膜厚を、共振周波数（反共振周波数）から算出される音響波長の４分の１の大きさよりも小さくすることによって、共振帯域幅を広げることができる。共振帯域幅を広げることによって、最上位の低音響インピーダンス層の膜厚ばらつきによる共振特性の劣化を防止することができる。

【０１２８】

（音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いたフィルタの実施例）

図１２は、本発明の音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いたフィルタの実施例を示す図である。図１２（ａ）に示すフィルタ７は、本発明の第１～第４の実施形態に係る音響ミ

ノーマルモードは、L型構成のラダーフィルタとして動作するように接続される。すなわち、入力端子73と出力端子74との間に直列に接続される。第2の音響ミラー型薄膜弾性波共振器72は、並列共振器として動作するように接続される。すなわち、入力端子73から出力端子74へ向かう経路と接地面との間に接続される。ここで、第1の音響ミラー型薄膜弾性波共振器71の共振周波数を第2の音響ミラー型薄膜弾性波共振器72の共振周波数よりも高く設定すれば、帯域通過特性を有するラダーフィルタを実現することができる。好ましくは、第1の音響ミラー型薄膜弾性波共振器71の共振周波数と第2の音響ミラー型薄膜弾性波共振器72の反共振周波数とを、実質上一致又は近傍に設定することにより、より通過帯域の平坦性に優れるラダーフィルタを実現することができる。

【0129】

なお、上記実施例では、L型構成のラダーフィルタを例示して説明を行ったが、その他のT型構成や π 型構成のラダーフィルタや、格子型構成のラダーフィルタでも同様の効果を得ることができる。また、ラダーフィルタは、図12(a)のように1段構成であっても、図12(b)等のように多段構成であってもよい。

【0130】

(音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いた装置の第1実施例)

図13は、本発明の音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いた装置の第1実施例を示す図である。図13に示す装置9aは、図12(b)のフィルタを用いた共用器である。この装置9aは、複数の音響ミラー型薄膜弾性波共振器で構成されるTxフィルタ(送信フィルタ)91と、複数の音響ミラー型薄膜弾性波共振器で構成されるRxフィルタ(受信フィルタ)92と、2つの伝送線路で構成される移相回路93とからなる。Txフィルタ91及びRxフィルタ92は、最適な周波数配置を有するフィルタであるので、低損失等の特性の優れた共用器を得ることができる。なお、フィルタの数やフィルタを構成する音響ミラー型薄膜弾性波共振器の段数等は、図13に例示したものに限られず自由に設計することが可能である。

【0131】

(音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いた装置の第2実施例)

図14は、本発明の音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いた装置の第2実施例を示す図である。図14に示す装置9bは、図13の共用器を用いた通信機器である。この装置9bは、アンテナ101と、2つの周波数信号を分離するために用いられる分波器102と、2つの共用器103及び104とで構成される。共用器103又は共用器104のいずれかが、図13で示した共用器となる。このように、低損失等の特性の優れた共用器を用いれば、低損失な通信機器を実現することができる。

【0132】

(音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いた装置の第3実施例)

図15は、本発明の音響共振器を用いた装置の第3実施例を示す図である。図15に示す装置9cは、図9(a)や図9(b)のフィルタを用いた通信機器である。この装置9cは、2つのアンテナ111及び112と、2つの周波数信号を切り替えるためのスイッチ113と、2つのフィルタ114及び115とで構成される。図15の通信機器が図14の通信機器と異なる点は、分波器102の代わりにスイッチ113を、共用器103及び104の代わりにフィルタ114及び115を用いている点である。このように構成しても、低損失な通信機器を実現することができる。

【産業上の利用可能性】

【0133】

本発明に係る音響ミラー型薄膜弾性波共振器、ならびにそれを備えるフィルタ、共用器、および通信機器は、共振帯域幅を広げることができ、音響ミラー層の膜厚ばらつきによる共振特性の劣化を防止することができ、無線機器等に有用である。

【図面の簡単な説明】

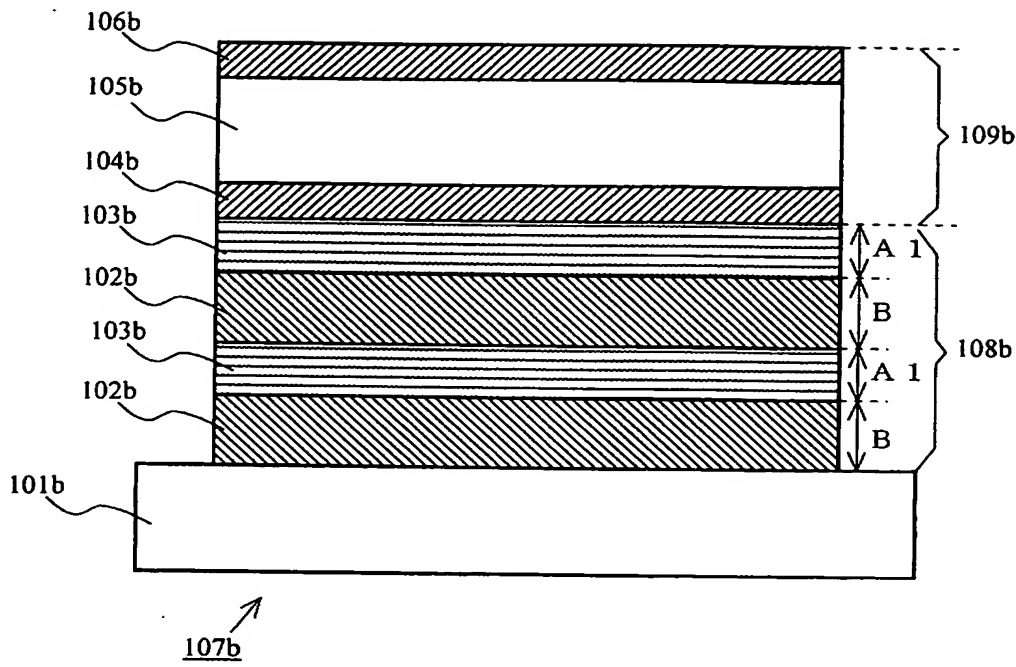
- 【図 1】 本発明の第 1 の実施形態に係る音響ミラー型薄膜弾性波共振器の断面図
- 【図 2】 低音響インピーダンス層 1 0 3 b の膜厚以外の値を固定し、低音響インピーダンス層 1 0 3 b の膜厚を変化させたときの、共振帯域の変化を示すグラフ
- 【図 3】 低音響インピーダンス層 1 0 3 b の最も好ましい膜厚が、圧電薄膜振動子 1 0 9 b 条件によってどのように変わるかを説明するための図
- 【図 4】 本発明の第 2 の実施形態に係る音響ミラー型薄膜弾性波共振器の断面図
- 【図 5】 高音響インピーダンス層 2 0 2 b の膜厚以外の値を固定し、高音響インピーダンス層 2 0 2 b の膜厚の値を変化させたときの、共振帯域の変化を示すグラフ
- 【図 6】 本発明の第 3 の実施形態に係る音響ミラー型薄膜弾性波共振器の断面図
- 【図 7】 高音響インピーダンス層 3 0 2 b の膜厚と低音響インピーダンス層 3 0 3 b の膜厚を同時に同じ割合で変化させたときの、共振帯域の変化を示すグラフ
- 【図 8】 上下電極の膜厚が厚くなるほど、本発明の効果が得られること説明するためのグラフ
- 【図 9】 低音響インピーダンス層の音響インピーダンスに対する高音響インピーダンス層の音響インピーダンスの倍率が大きくなるほど、本発明の効果が得られることを説明するためのグラフ
- 【図 1 0】 本発明の第 4 の実施形態に係る音響ミラー型薄膜弾性波共振器の断面図
- 【図 1 1】 最上位低音響インピーダンス層 4 0 3 b の膜厚以外の値を固定し、最上位低音響インピーダンス層 4 0 3 b の膜厚の値を変化させたときの、共振帯域の変化を示すグラフ
- 【図 1 2】 本発明の音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いたフィルタの実施例を示す図
- 【図 1 3】 本発明の音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いた装置の第 1 実施例を示す図
- 【図 1 4】 本発明の音響ミラー型薄膜弾性波共振器を用いた装置の第 2 実施例を示す図
- 【図 1 5】 本発明の音響共振器を用いた装置の第 3 実施例を示す図
- 【図 1 6】 従来の音響ミラー型の薄膜弾性波共振器の断面図
- 【図 1 7】 図 1 6 に示した音響ミラー型薄膜弾性波共振器 9 0 7 a における理想的な振動分布を示す図

【符号の説明】

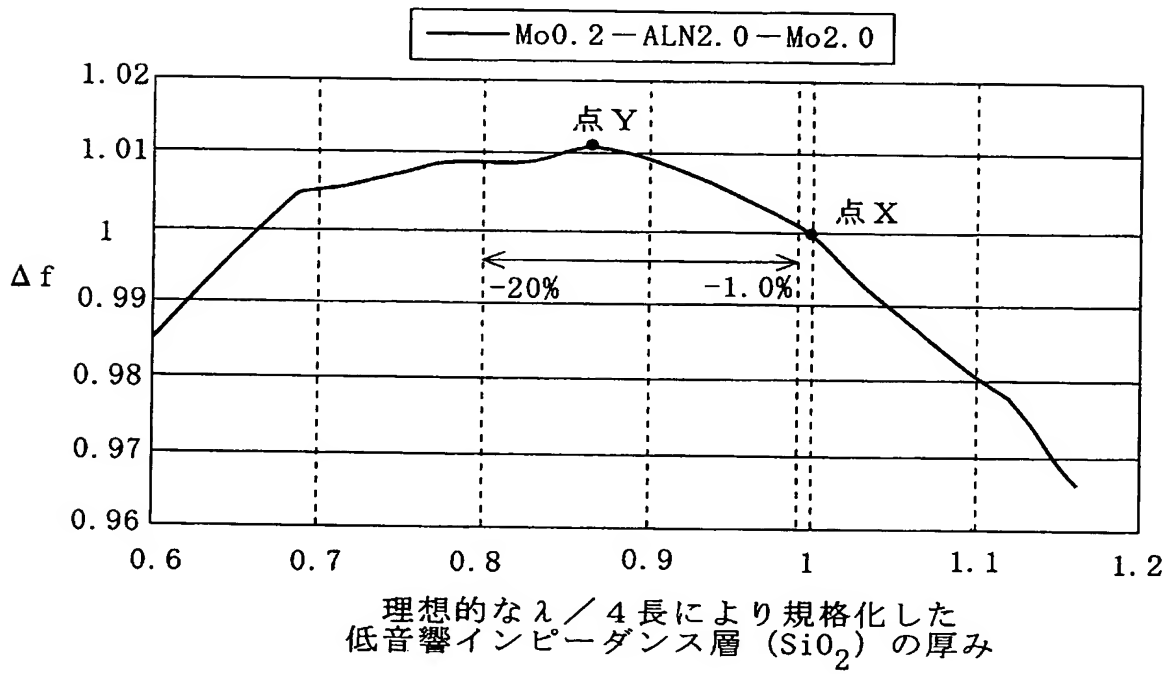
【 0 1 3 5 】

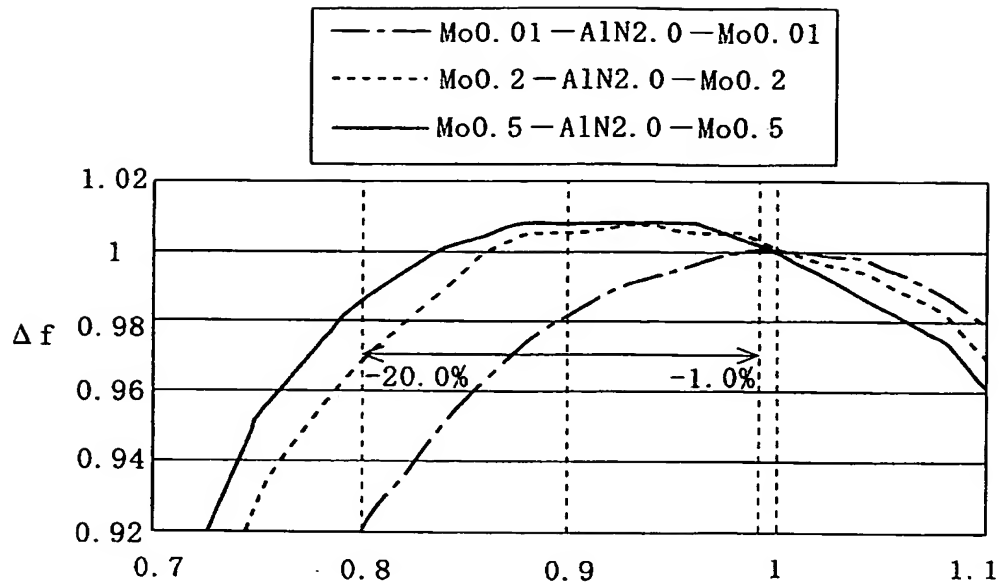
- 1 0 1 b 基板
- 1 0 2 b , 3 0 2 b 高音響インピーダンス層
- 1 0 3 b , 2 0 3 b , 3 0 3 b 4 0 3 b , 4 0 3 c 低音響インピーダンス層
- 1 0 4 b 下部電極
- 1 0 5 b 圧電薄膜
- 1 0 6 b 上部電極
- 1 0 7 b , 2 0 7 b , 3 0 7 b , 4 0 7 b , 7 1 , 7 2 音響ミラー型薄膜弾性波共振器
- 1 0 8 b , 2 0 8 b , 3 0 8 b , 4 0 8 b 音響ミラー層
- 1 0 9 b 圧電薄膜振動子
- 9 1 , 9 2 , 1 1 4 , 1 1 5 フィルタ
- 9 3 移相回路
- 1 0 3 , 1 0 4 共用器
- 1 0 2 分波器
- 1 1 3 スイッチ

【図 1】



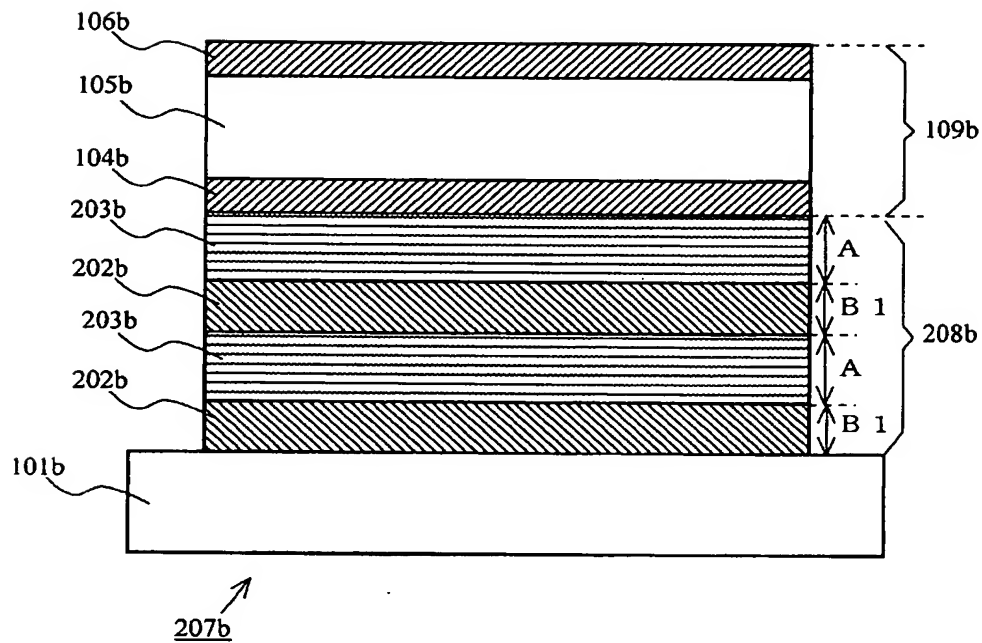
【図 2】

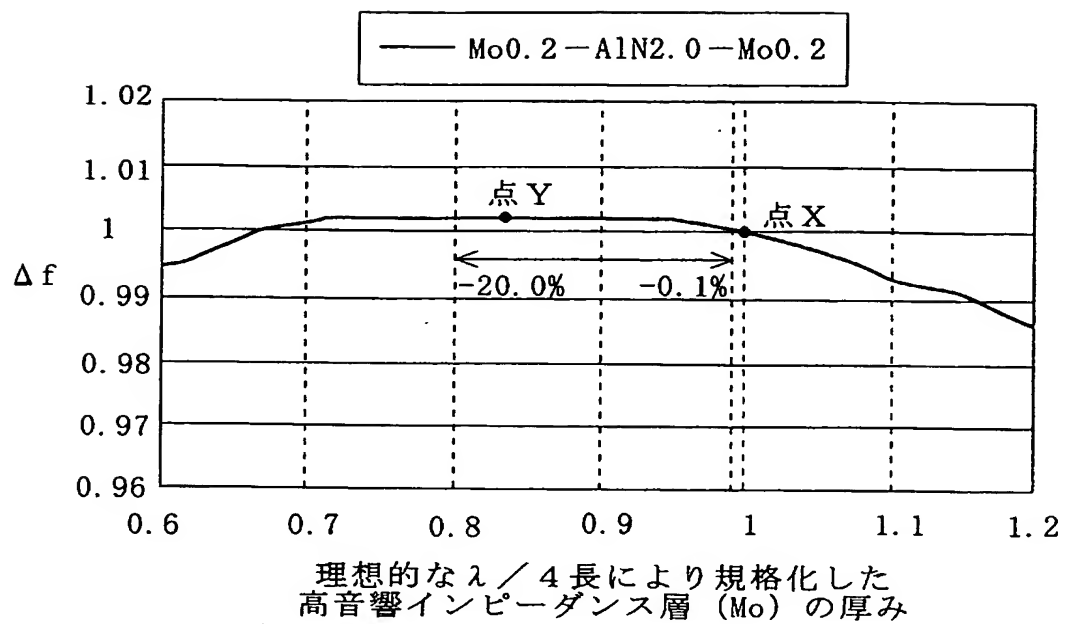




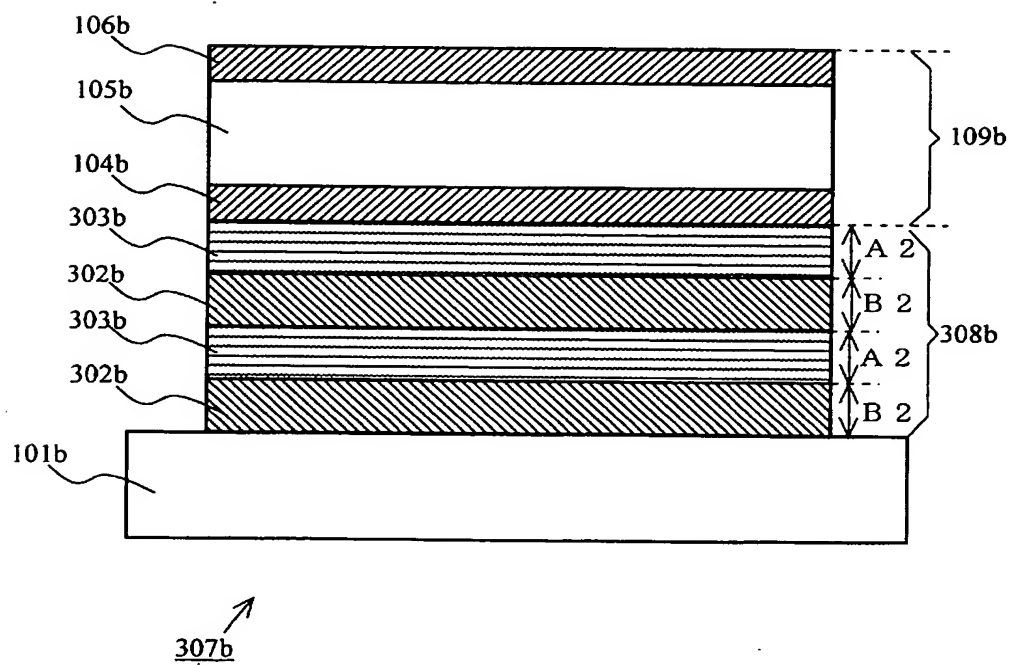
理想的な $\lambda/4$ 長により規格化した
低音響インピーダンス層 (Mo) の厚み

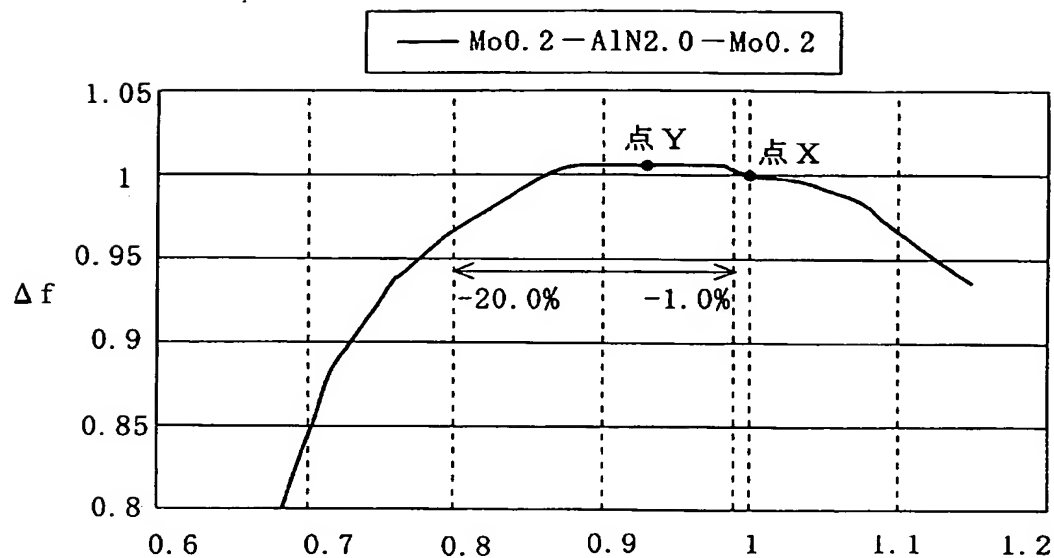
【 図 4 】





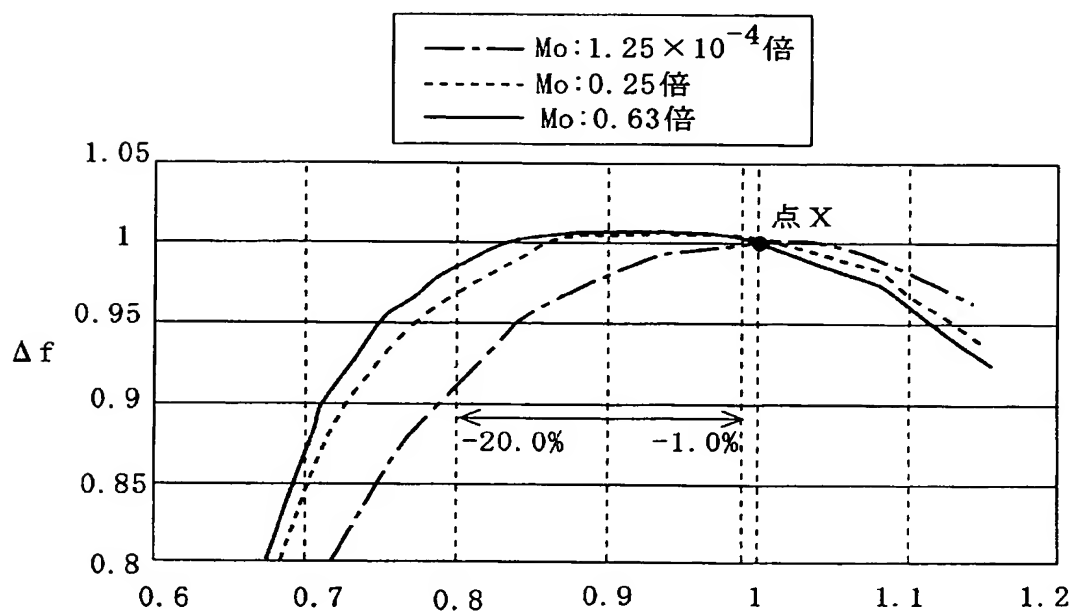
【図 6】



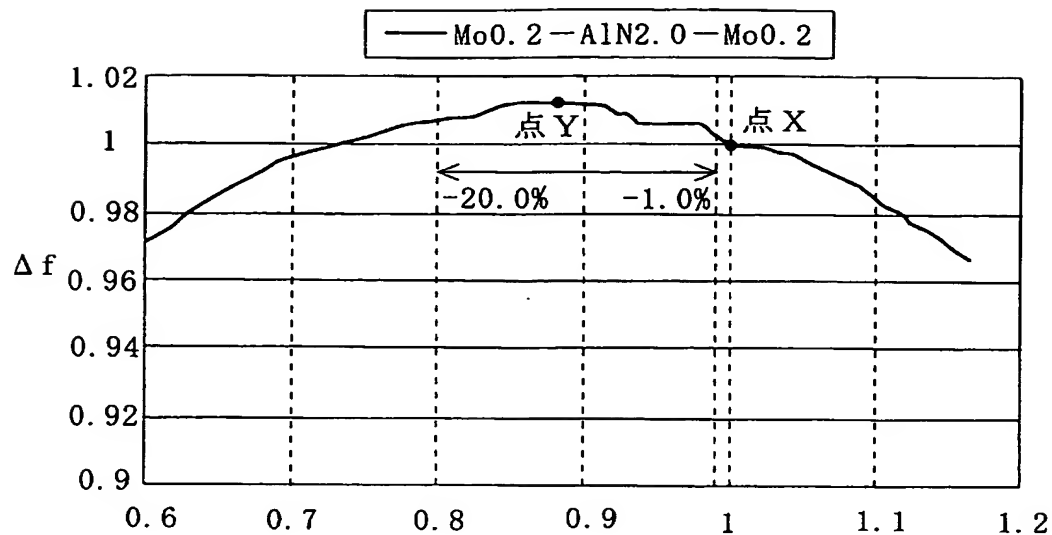


理想的な $\lambda/4$ 長により規格化した
高低音響インピーダンス層の厚み

【図 8】



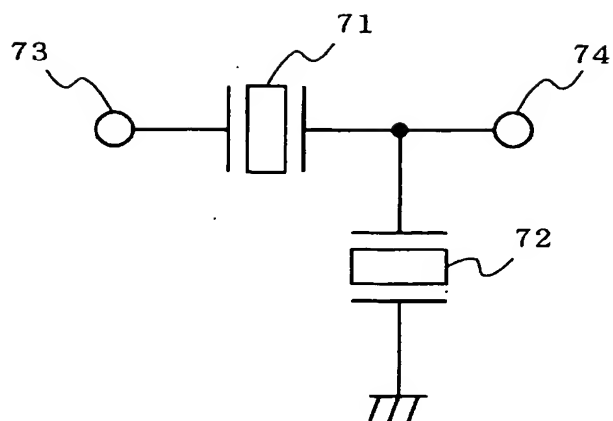
理想的な $\lambda/4$ 長により規格化した
高低音響インピーダンス層の厚み



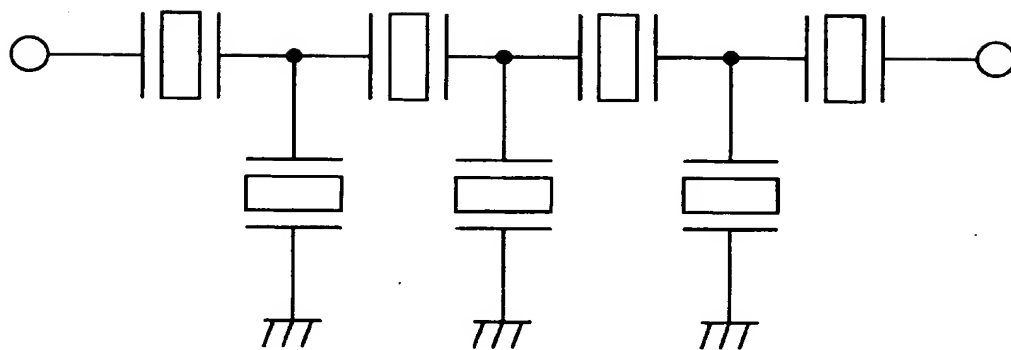
理想的な $\lambda/4$ 長により規格化した
最上位低音響インピーダンス層 (Mo) の厚み

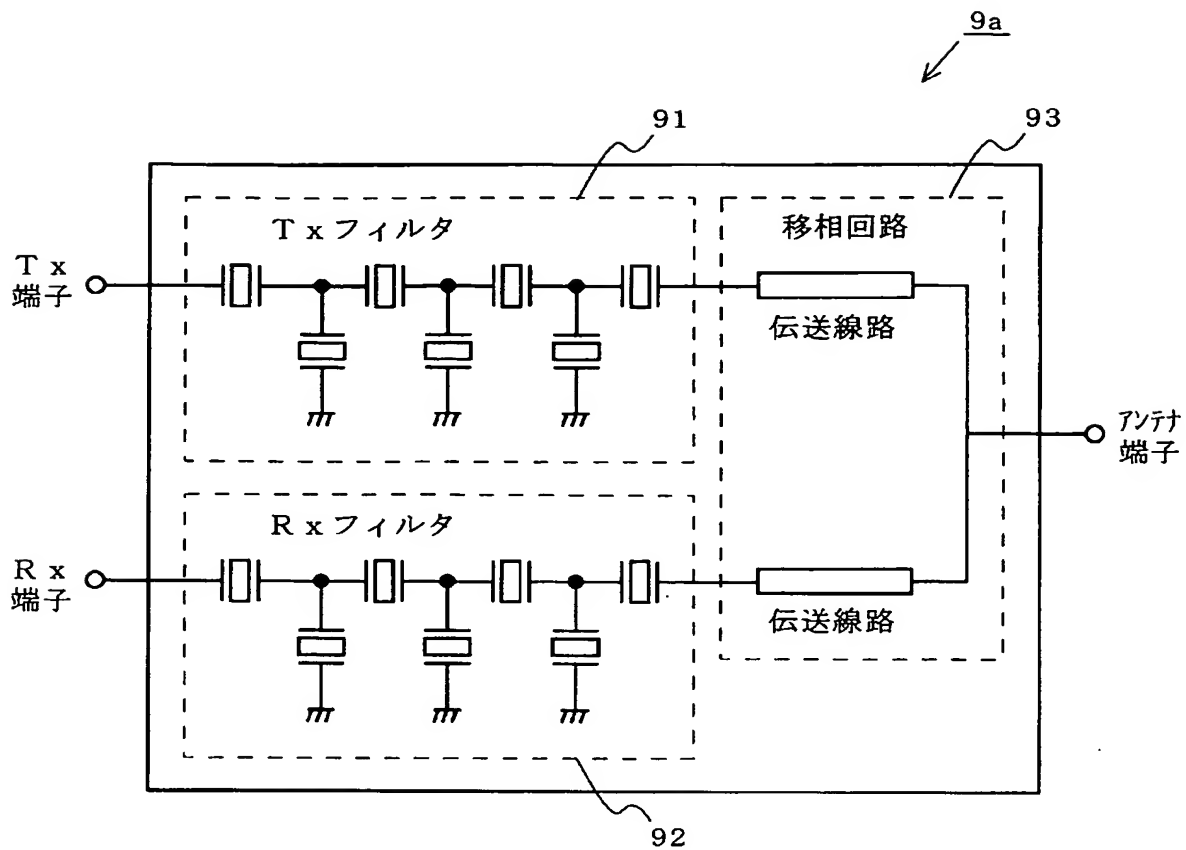
7

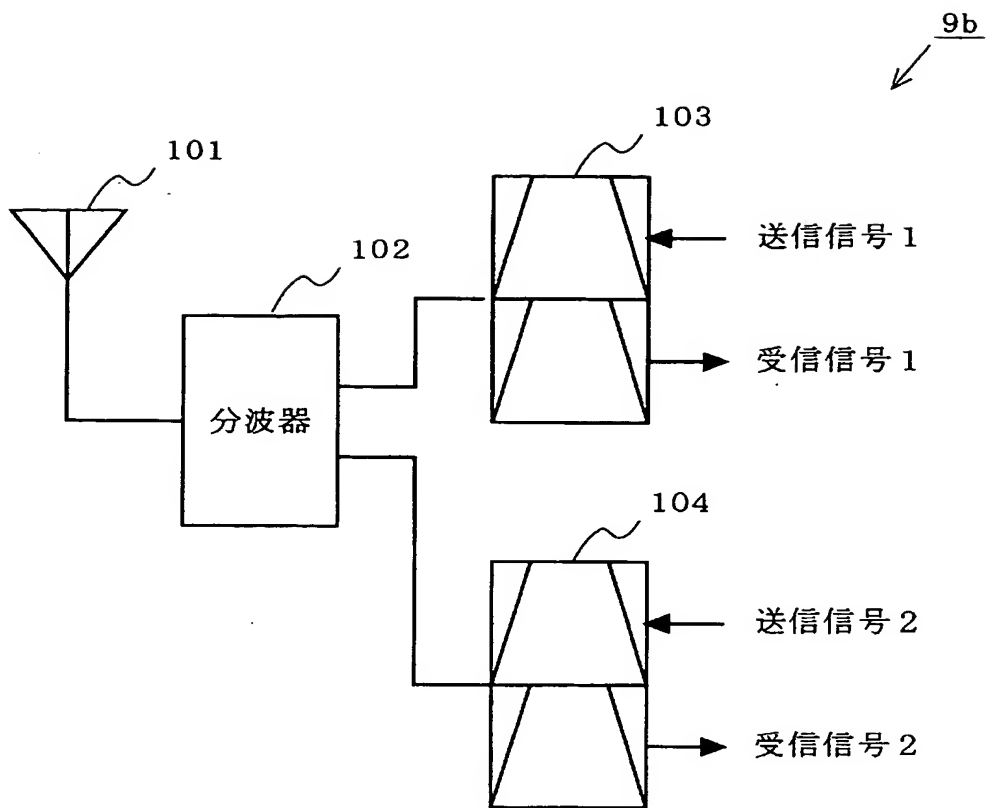
(a)

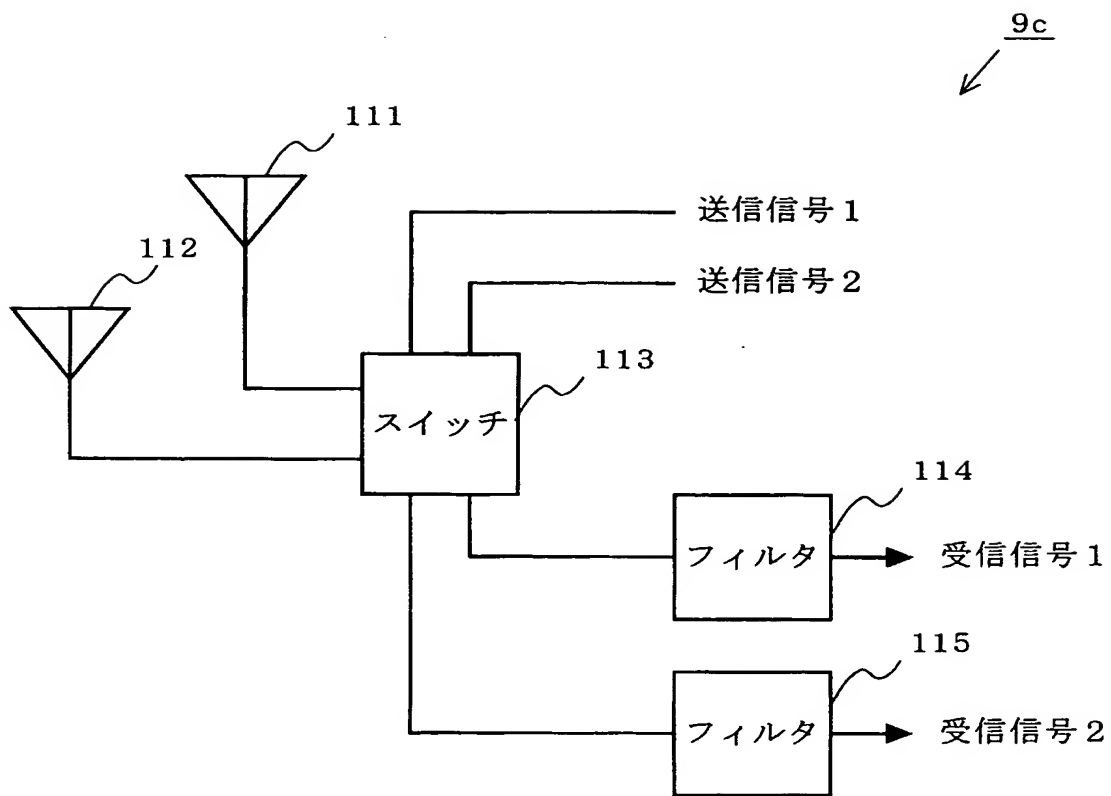


(b)

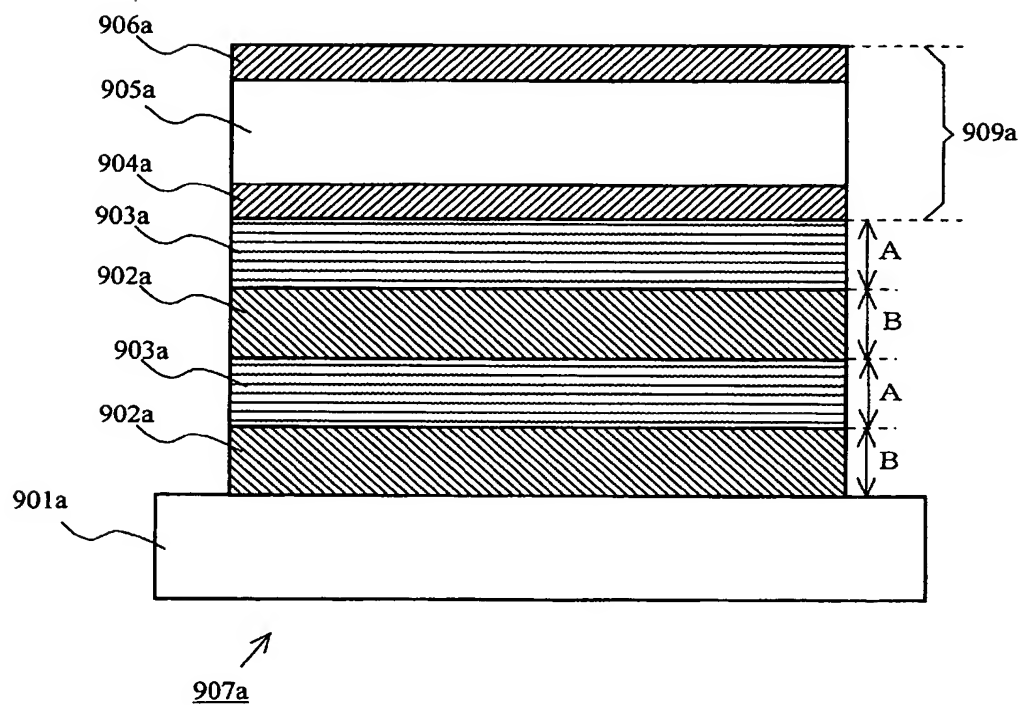


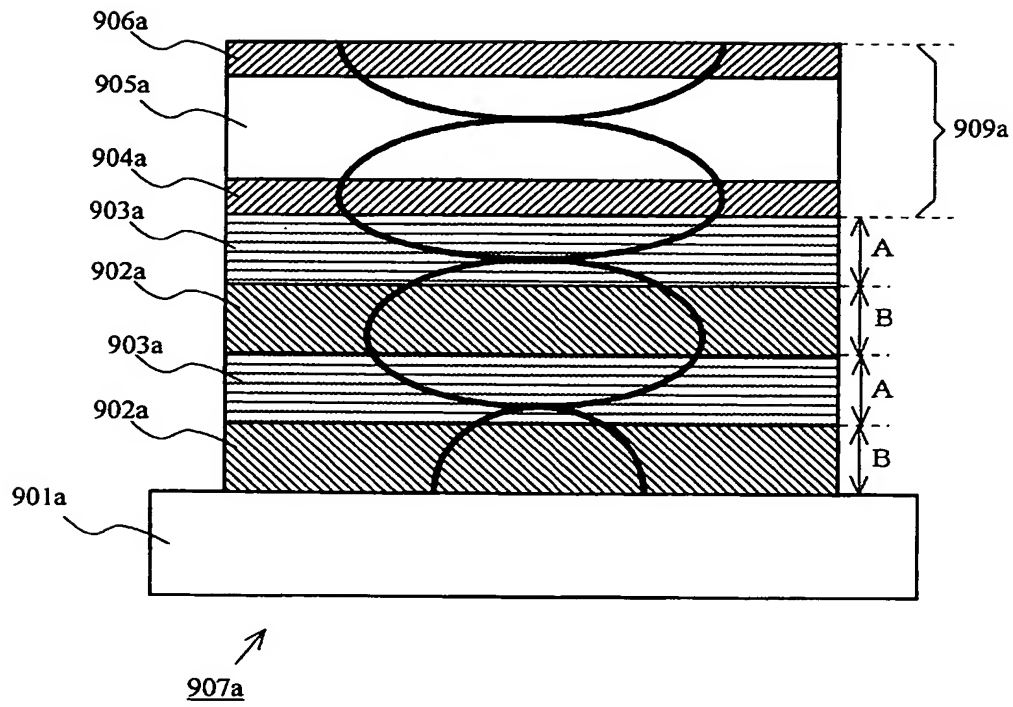






【図 16】





【要約】

【課題】 共振特性に優れた音響ミラー型薄膜弾性波共振器を提供する。

【解決手段】 本発明は、音響ミラー型の薄膜弾性波共振器であって、基板 101b と、前記基板 101b 上に配置されており、高音響インピーダンスと低音響インピーダンスとを交互に有する複数のインピーダンス層から構成される音響ミラー層 108b と、音響ミラー層 108b 上に配置されており、下部電極 104b、圧電薄膜 105b、および上部電極 106b から構成される圧電薄膜振動子 109b とを備える。音響ミラー層 108b を構成する複数のインピーダンス層の内、少なくとも一層のインピーダンス層の膜厚は、圧電薄膜振動子の自由空間上での共振周波数から定められる音響波長の 4 分の 1 未満である。

【選択図】 図 1

9

0 0 0 0 0 5 8 2 1

19900828

新規登録

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

松下電器産業株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/006810

International filing date: 31 March 2005 (31.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-106208
Filing date: 31 March 2004 (31.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 12 May 2005 (12.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse